VISIT…

LANZAROTE Caliente.COM

BETOANE CU LIANȚI MINERALI

CONSIDERAȚII GENERALE ŞI CLASIFICARE

Betoanele sunt materiale de construcție compozite obținute prin întărirea amestecurilor omogene de agregate, liant şi apă.

Amestecul de liant şi apă formează o pastă plastică care prin întărire leagă între ele granulele de agregat (transmite tensiuni mecanice între granule), conferind astfel betonului caracterul monolit, transformându-se într-un solid rigid (numit piatră de ciment) cu o mare rezistență mecanică.

Agregatele, care ocupă 80% din volumul betonului, alcătuind scheletul rigid al acestuia, prin proprietățile lor influențează în mod decisiv durabilitatea şi performanțele betonului, inclusiv rezistențele acestuia la compresiune, întindere şi abraziune. În majoritatea cazurilor sunt inerte, nestabilind legături chimice cu matricea liantă (numită piatra de ciment). Excepție fac agregatele calcaroase, dolomitice şi uneori cele silicioase, care stabilesc legături chimice cu piatra de ciment Pot fi de natură organică sau anorganică (minerală), naturale sau artificiale.

Agregatele minerale naturale provin din sfărâmarea rocilor pe cale naturală, datorită agenților atmosferici, sau prin concasare. Agregatele minerale artificiale sunt produse sau deşeuri industriale: argilă expandată sub formă de granule (granulitul), zgură de cărbune, deşeuri ceramice etc.

Agregatele organice naturale rezultă ca deşeuri la prelucrarea lemnului sau stufului (talaş, rumeguş). Agregatele organice artificiale se obțin prin prelucrarea unor produse naturale: lemn defibrat sau câlți.

În funcție de mărimea granulelor, agregatele sunt de următoarele sorturi:

- nisip, cu dimensiunile granulelor de 0,2 mm – 7 mm;
- pietriş sau piatră spartă, având dimensiunile granulelor de 7 mm – 70 mm;
- bolovani şi piatră spartă, dimensiunile granulelor fiind de 70 mm – 150 mm

Agregatele întrebuințate pe scară largă la prepararea betoanelor sunt nisipul şi pietrişul (sau amestecul lor natural, numit balast). Pentru realizarea betoanelor uşoare, termoizolante sau fonoizolante se întrebuințează şi unele agregate uşoare cum sunt: zgura de furnal, zgura de termocentrală, sterilul ars, piatra ponce, agregatele expandate, tufurile vulcanice.

Calitatea agregatelor este influențată în mod decisiv de factori extrinseci (de ex: instalația de cernere, transportul şi depozitarea agregatelor cernute, modul de utilizare a agregatelor în procesul de preparare a betonului sau mortarului) şi de factori intrinseci cum sunt conținutul de impurități, caracteristicile geometrice ale granulelor, caracteristicile fizico-mecanice, granulozitatea sortului etc.

Materialele granulare folosite la prepararea betoanelor nu trebuie să conțină impurități peste anumite limite impuse. Impuritățile din agregate, care se determină, sunt următoarele:

- conținutul în corpuri străine ca: argila în bucăți, granulele de sulfați, păcura, uleiuri;

- conținutul de mică liberă în nisip (mica liberă micşorează rezistența mecanică), care nu trebuie să fie mai mare de 1%, iar pentru betoanele folosite la construcții hidrotehnice din zonele fără alternanța îngheț-dezgheț, se admite maximum 3%;
- conținutul în cărbune (sulful pe care-l conține cărbunele determină expansiunea betonului, distrugându-l), ce nu trebuie să depăşească 0,5%;
- conținutul în humus (împiedică desfăşurarea normală a proceselor de întărire şi micşorează aderența pietrei de ciment cu agregatul), care provine din descompunerea resturilor vegetale cu care a fost amestecat agregatul;
- conținutul în părți levigabile (substanțe argiloase de diametru mic – argilă, mâl, praf –, care dau puncte slabe în beton şi micşorează aderența pietrei de ciment cu agregatul), acesta neputând depăşi 3% din nisip şi 1% din pietriş;
- conținutul în sulfați, care nu trebuie să depăşească 1% (sulfații distrug betonul prin expansiune);
- conținutul în săruri solubile.

Un agregat corespunzător trebuie să îndeplinească o serie de cerințe generale: suficientă rezistență la compresiune, rezistență la îngheț-dezgheț, să fie curat, durabil şi să nu conțină substanțe chimice de natură a influența comportarea betonului proaspăt şi întărit (inclusiv durabilitatea acestuia). În cazul preparării betoanelor pentru aplicații specializate, agregatele folosite mai trebuie să posede rezistență la abraziune, la acizi sau la alte substanțe corozive.

Forma şi textura particulelor de agregat influențează în mod decisiv proprietățile betonului proaspăt şi întărit. Tipul, dimensiunile şi categoriile de agregate privind aplatizarea particulelor, rezistența la îngheț-dezgheț, rezistența la abraziune, conținutul de părți fine trebuie să fie selectate ținând seama de tehnologia de executare a lucrării, locul de punere în operă a betonului, agresivitatea mediului înconjurător la care va fi supus betonul, cerințe arhitectonice specifice agregatelor expuse etc. La alegerea tipului de agregate folosite în rețeta betonului, trebuie luate în considerare următoarele:

- un conținut ridicat de parte fină de formă angulară necesită mai multă apă de amestecare pentru realizarea unui beton cu o anumită lucrabilitate. Plusul de apă şi nisip produce înfoierea betonului proaspăt, care provoacă o reducere a dozajului real de ciment, rezultând un beton mai poros şi cu rezistențe mecanice mai mici;
- mortarul să nu poată fi eliminat cu uşurință din golurile dintre granulele de agregat. Este important ca golurile dintre granulele de agregat să fie cât mai mici pentru a se preveni curgerea pastei proaspete de ciment prin ele şi astfel separarea sa;
- prezența granulelor aplatizate poate afecta în mod negativ durabilitatea betonului, deoarece în betonul proaspăt au tendința să se orienteze în plan orizontal, favorizând separarea apei şi formarea de pori sub ele;
- forma granulelor de agregat (rotunjită, neregulată, solzoasă, angulară, alungită etc.) influențează semnificativ rezistențele betonului.Granulele de formă rotunjită dau betoane uşor lucrabile şi cu rezistențe mai mari decât cele cu formă lamelară sau aciculară, întrucât determină creşterea compactității;

- textura (sticloasă, netedă, granulară, rugoasă, cristalină etc.) suprafeței agregatului influențează considerabil rezistențele betonului, în special rezistența la întindere. O textură mai rugoasă caracteristică agregatelor obținute prin concasare asigură forțe de adeziune mai mari între granulele de agregat şi matricea liantă, lucru extrem de important în cazul betoanelor de înaltă performanță şi a celor rutiere.

Lianții folosiți la prepararea betoanelor sunt lianții hidraulici clincherizați, şi anume: *cimentul portland, cimentul aluminos, cimentul metalurgic M400, cimentul de furnal, cimentul cu tras, cimentul Portland cu adaos de puzzolană, cimentul Portland cu 5% adaos de zgură granulată de furnal*.

Proprietățile cimentului, care depind de proprietățile componenților mineralogici, sunt transmise, mai mult sau mai puțin atenuate, betonului. Alegerea tipului de ciment se face în funcție de specificul lucrării unde se foloseşte betonul. Cimentul influențează proprietățile betonului nu numai prin calitate, ci şi prin cantitate (dozaj). Astfel, rezistența la compresiune a betonului creşte odată cu dozajul, însă nu proporțional. De asemenea, creşterea dozajului până la o anumită valoare determină creşterea rezistenței la întindere, aceasta fiind însă mai lentă, după care o micşorează. Diminuarea rezistenței la întindere la dozaje mari de ciment este consecința fisurilor, care apar ca urmare a contracției mari a pietrei de ciment.

Apa de amestecare reacționează cu componenții mineralogici ai cimentului pentru a forma matricea liantă (piatra de ciment) şi umectează suprafața agregatelor pentru a da consistența necesară punerii în operă a betonului.

S-a constatat că pentru formarea pietrei de ciment este necesară o cantitate de apă de 25% - 30% din masa cimentului, iar pentru betoanele de consistență foarte vârtoasă este necesară o cantitate de apă minimă de 35%. Întotdeauna cantitatea de apă de amestecare este mai mare decât cea strict necesară hidratării componenților mineralogici ai cimentului. Excesul de apă se evaporă după întărirea pastei de ciment, piatra de ciment conținând o serie de pori care influențează în mod direct caracteristicile betonului întărit.

Volumul porilor formați depinde nu de cantitatea totală de apă care se adaugă la prepararea betonului, ci de raportul dintre cantitatea de apă (A) şi cantitatea de ciment (C) dintr-un beton. În consecință, la analiza influenței pe care o are apa de amestecare asupra caracteristicilor betonului se ia în considerare raportul apă-ciment (A/C).

În general, raportul A/C este cuprins între 0,4 şi 0,8. Un raport prea mare provoacă separarea laptelui de ciment şi a agregatelor mari, fenomen denumit *segregare*, măreşte contracția şi micşorează rezistența la compresiune a betonului întărit. Apa în cantitate insuficientă nu asigură hidratarea cimentului şi lucrabilitatea necesară punerii în operă, rezultând un beton cu o porozitate mare. Între raportul A/C şi dozajul de ciment există o corelație strânsă. Astfel, în cazul unui beton de consistență constantă, la creşterea dozajului de ciment raportul A/C scade.

În afara materialelor de bază, betonul mai poate conține adaosuri de substanțe inerte sau active care-i îmbunătățesc caracteristicile tehnice, denumite **aditivi**. Aceste substanțe introduse în cantități mici în compoziția betoanelor accelerează sau încetinesc procesul de întărire (substanțe din clasa electroliților), îmbunătățesc lucrabilitatea amestecului proaspăt la acelaşi raport A/C (aditivi plastifianți), măresc rezistența la alternanța îngheț-dezgheț şi la coroziune.

Aditivii pentru accelerarea prizei şi întăririi betonului se folosesc în special la betonarea pe timp friguros, la betonarea elementelor de construcţie ce urmează să fie decofrate timpuriu, la betoane torcretate.

În mod curent se foloseşte ca accelerator de întărire $CaCl_2$. Efectul de accelerare a întăririi pietrei de ciment este însoţit şi de o scădere a temperaturii de solidificare a apei în beton, motiv pentru care este indicată folosirea ei în cazul betonărilor pe timp friguros. Folosirea clorurii de calciu la elementele de beton, beton armat şi beton precomprimat este limitată din cauza acţiunii corosive pe care acest electrolit o are. Astfel, cantitatea de $CaCl_2$ se limitează la 3% din masa cimentului, pentru elemente de beton simplu, la 2% pentru elemente de beton armat şi se interzice folosirea la elemente de beton precomprimat. Efectul clorurii de calciu depinde de natura cimentului, dozajul optim stabilindu-se experimental.

Plastifianţii după mecanismul de acţiune se împart în: *aditivi dispersanţi, aditivi antrenori de aer şi micşti.*

Aditivii dispersanti sunt, în general, substanţe macromoleculare amfifile, având o parte polară cu caracter hidrofil şi o parte nepolară, aceasta fiind hidrofobă. În sistemul ciment-apă aceste macromolecule se adsorb pe suprafaţa granulelor de ciment, orientându-se cu partea polară spre apă, ceea ce conduce la o hidratare mai puternică a cimentului. Adsorbţia acestor aditivi împiedică tendinţa de floculare (aglomerare) a granulelor de ciment, care formeaza schelete poroase ce înglobeaza apă şi aer în interiorul lor (fig.1. a). Utilizarea plastifiantilor dispersanţi duce la o dispersie a granulelor de ciment care permite eliminarea bulelor de aer şi repartizarea omogenă a apei în structura betonului (fig. 1. b). Prezenţa aditivilor dispersanţi măreşte mobilitatea granulelor de ciment, permiţând reducerea raportului A/C în condiţiile îmbunătăţirii compactării betonului şi sporirii rezistenţelor mecanice.Ca aditivi dispersanti se întrebuinţează, de obicei, sărurile de calciu ale acizilor lignosulfonici (lignosulfanatul de calciu, LSC).

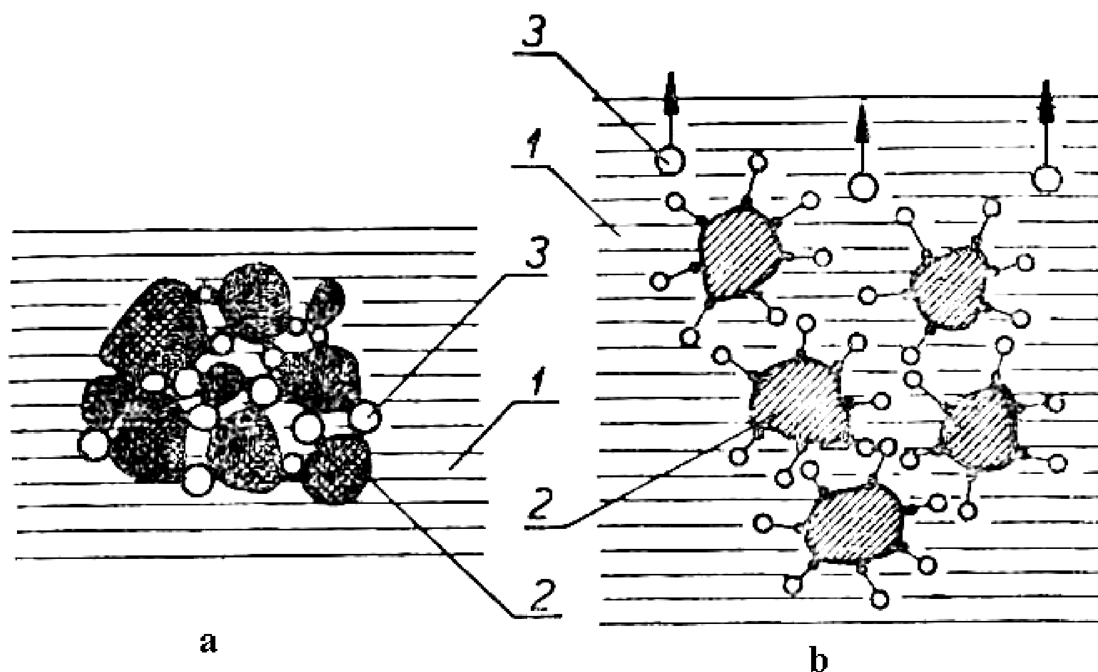


Fig. 1. Mecanismul acţiunii aditivilor plastifianţi: 1 – apă; 2 – granule de ciment; 3 – bule de aer.

Aditivi antrenori de aer sunt substanțe tensioactive care, introduse în cantități mici în apa de amestecare pentru beton, reduc tensiunea superficială a apei şi favorizează. formarea în timpul amestecării a unor bule microscopice de aer (d < 250 μ.) în masa betonului.

Cantitatea de antrenori de aer trebuie judicios aleasă pentru a se evita intoxicația cimentului, prin formarea în jurul granulelor de ciment a unui volum mare de bule de aer, care duce la frânarea hidratării şi întăririi. Totalul de aer oclus în masa betonului nu trebuie să depăşească 5% din volumul total.

Antrenorii de aer îmbunătățesc structura betonului prin distribuirea uniformă a bulelor de aer, care acționează ca nişte granule elastice de agregat şi anulează parțial frecarea dintre granulele mai mari. În acest fel se poate micşora raportul A/C*,* astfel încât rezistențele nu vor fi afectate de sporul de porozitate dat de aceste adaosuri.

Prezența bulelor de aer micşorează efectul de capilaritate al betonului şi îmbunătățeşte comportarea la îngheț-dezgheț repetat. Acțiunea acestor aditivi nu este influențata de compoziția mineralogică a cimentului. Ca aditivi antrenori de aer se folosesc săpunurile de colofoniu care au drept component activ abietatul de sodiu.

Aditivii micşti sunt substanțele care acționează atât ca dispersanți cât şi ca antrenori de aer.

Aditivul antigel se utilizează în cazul executării lucrărilor de betonare în condiții de temperaturi scăzute. Prin adăugarea sa, temperatura de înghețare a apei din beton este scăzută până la -10^{0}C, fără însă ca reacțiile de hidratare şi de hidroliză ale componenților mineralogici ai cimentului să fie frânate. De asemenea, aditivul determină o accelerare a procesului de întărire şi se comportă ca un antrenor de aer, imprimând betonului o rezistență ridicată la ciclul îngheț-dezgheț repetat. Aditivul conține ioni de clor în proporție redusă (0,8 %), fără să determină însă corodarea armăturii.

Betonul simplu, asemenea pietrei naturale, posedă o bună rezistență la uzură şi la compresiune, dar are rezistențe mici la întindere (de 15 până la 20 de ori mai mici decât rezistența la compresiune). De aceea, se realizează asocierea betonului simplu cu armături din oțel sub formă de bare, plase sudate sau profiluri care conlucrează cu betonul, operația numindu-se *ranforsare (armare)*, iar materialul rezultat beton armat. Rolul armăturii este de a prelua în totalitate eforturile unitare de întindere sau de a mări rezistențele la compresiune ale secțiunilor de beton comprimate. De exemplu, o grindă simplu rezemată încovoiată cedează la o valoare redusă a încărcării, din cauza rezistenței mici a betonului din zona întinsă. Prin introducerea de armături în zona întinsă, grinda poate suporta o încărcare de 15 – 20 de ori mai mare decât în cazul precedent.

Clasificarea betoanelor

Betoanele sunt materiale foarte variate în ceea ce priveşte proprietățile lor tehnice, modul de fabricare şi punere în lucru, tipul construcției la care sunt folosite. De aceea, pot fi utilizate mai multe criterii pentru a le clasifica, şi anume după:

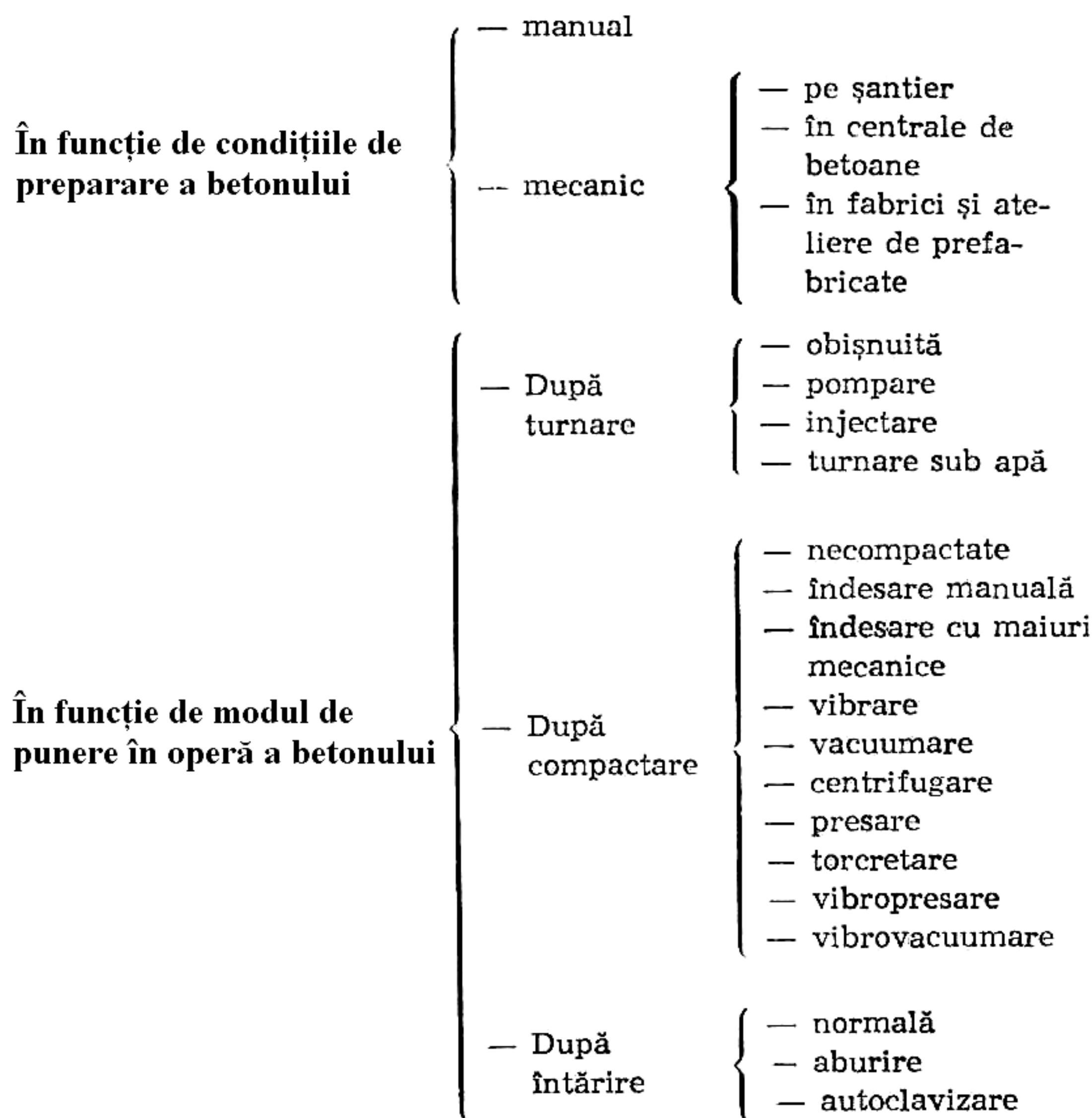
- *caracteristicile fizice şi mecanice*;
- *condițiile de preparare a betonului*;
- *modul de punere în operă a betonului*.

În funcție de caracteristicile fizice şi mecanice, betoanele se clasifică conform tabelului 1.

Tabelul 1. Clasificarea betoanelor în funcție de caracteristicile fizico-mecanice

Clasificare	Categoria betonului	Caracteristici
– După consistență		Tasarea, cm
	Foarte vîrtos	0...0,5
	Vîrtos	0,6...2,0
	Slab plastic	2,1...5,0
	Plastic	5,1...8,0
	Fluid	8,1...11,0
	Foarte fluid	> 11,0
– După densitatea aparentă		Densitatea aparentă, kg/m³
	Foarte greu	> 2 500
	Greu	2 201...2 500
	Semigreu	1 701...2 200
	Ușor	1 000...1 700
	Foarte ușor	< 1 000
– După gradul de impermeabilitate		Presiunea maximă a apei. daN/cm² (N/mm²)
	P. 2	2 (0,2)
	P. 4	4 (0,4)
	P. 6	6 (0,6)
	P. 8	8 (0,8)
	P. 12	12 (1,2)
– După gradul de gelivitate		Numărul de cicluri îngheț-dezgheț
	G 50	50
	G 100	100
	G 150	150
– După marcă	B 25 ; B 50 ; B 75 ; B 100 ; B 150 ; B 200 ; B 250 ; B 300 ; B 400 ; B 500 ; B 600	

În schema următoare este prezentată împărţirea betoanelor în funcţie de condiţiile de preparare şi de modul de punere în operă a betonului.



STRUCTURA BETONULUI

Betonul atât în stare proaspătă cât şi în stare întărită prezintă o structură complexă care-i imprimă toate caracteristicile sale tehnice superioare componenţilor separaţi.

Structura betonului proaspăt. După amestecarea materialelor componente, punerea în operă şi compactarea betonului proaspăt, urmează o perioadă de repaus, în care se produce sedimentarea granulelor de ciment şi a particulelor fine de agregat între granulele de dimensiuni mari ale agregatului (fig. 2. a), ceea ce conduce la o tasare a întregii mase de beton. În consecinţă deasupra granulelor sedimentate se produce ridicarea unei părţi din cantitatea de apă de amestecare, formându-se un spaţiu plin cu apă, care poate conţine şi aer, inclus în procesul de amestecare a betonului.

Sedimentarea particulelor fine se poate produce înainte de începerea prizei cimentului, astfel încât apa de amestecare se găseşte în stare liberă sau adsorbită pe suprafața granulelor. Cu cât cantitatea de apă de amestecare este mai mare, cu atât apa liberă (cea care nu participă în procesul de hidratare), se găseşte într-o cantitate mai mare, circulând prin beton în timpul prizei şi întăririi. Formarea pietrei de ciment determină conglomerarea agregatele, prin legarea între ele a agregatelor, rezultând betonul întărit (fig. 2. b).

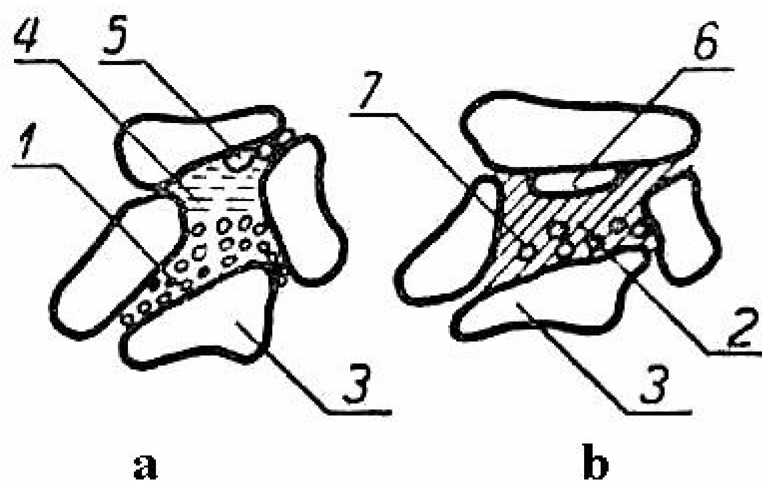


Fig. 2. Structura betonului: 1 – ciment; 2 – piatră de ciment; 3 – nisip; 4 – apă; 5 – aer; 6 – por de sub agregat; 7 – pori în piatra de ciment.

Structura betonului întărit este rezultatul coexistenței a trei faze: solidă, lichidă şi gazoasă. Faza solidă o formează agregatele şi piatra de ciment, care la rândul ei este formată din produşi cu atât cu structură cristalină cât şi cu structură de gel şi din nuclee de ciment nehidratate. Faza lichidă o constituie apa care se găseşte sub mai multe forme: *apă de hidratare, apă inclusă în rețeaua tridimensională a gelurilor, apă în porii capilari.*

În structura betonului întărit există mai multe tipuri de pori, care se diferențiază prin dimensiuni şi modul de formare. Astfel, se disting următoarele tipuri:

- **pori capilari (1 µ- 50 µ)**, care sunt deschişi, reprezentând 10% - 15% din volumul betonului, şi provin din evaporarea excesului de apă de amestecare, care nu participă la procesul de hidratare;
- **porii de sub agregate (0,01 mm – 0,1 mm)**, care pot fi închişi sau în legătură cu porii capilari, ocupând până la 1% din volumul betonului, formați în urma evaporării apei de sub agregate (fig. 2);
- **porii de aer naturali (0,1 mm – 5 mm)**, formați prin prezența aerului inclus în beton prin procesul de amestecare. Reprezintă 1 % - 3 % din volumul total al masei de beton, putând fi închişi sau în legătură cu porii capilari. Volumul de goluri poate fi crescut până la 3 % - 5 % din volumul betonului prin adăugarea de aditivi plastifianți, care determină formarea de pori sferici închişi cu dimensiuni de 50 µ - 250 µ.

În structura betonului întărit mai pot exista:

- *caverne deschise cu dimensiuni între 1 cm şi 50 cm,* ce pot comunica între ele, rezultate din cauza unei compoziţii necorespunzătoare a betonului sau a prelucrării defectuoase a betonului proaspăt. Volumul lor poate atinge 5% din volumul betonului;
- *microfisuri şi fisuri (localizate la nivelul structurii fazei hidratate)*, care apar ca urmare a tensiunilor interne determinate de variaţiile de volum din timpul prizei şi întăririi, de variaţiile de temperatură şi umiditate.

Porozitatea totală a unui beton greu obişnuit variază între 15 % şi 25 % şi influenţează în mod sensibil toate caracteristicile betonului. Obţinerea unui beton cu calităţi cât mai bune presupune o porozitate totală cât mai mică, ceea ce se realizează prin stabilirea unei compoziţii corespunzătoare a betonului şi prin alegerea celei mai eficiente metode de punere în operă.